


Dugesiana, Año 22, No. 2, Julio-Diciembre 2015, es una publicación Semestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Centro de Estudios en Zoología, por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez # 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, Tel. 37771150 ext. 33218, http://dugesiana.cucba.udg.mx, glenusmx@gmail.com. Editor responsable: José Luis Navarrete Heredia. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2009-062310115100-203, ISSN: 2007-9133, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Coordinación de Tecnologías para el Aprendizaje, Unidad Multimedia Instruccional, M.B.A. Oscar Carbajal Mariscal y José Luis Navarrete Heredia. Fecha de la última modificación 14 de diciembre 2015, con un tiraje de un ejemplar.

*Dugesiana 22(2): 121-131*
*Fecha de publicación: 14 de diciembre 2015*

ISSN 1405-4094 (edición impresa)
ISSN 2007-9133 (edición online)

# Distribución potencial de *Helocassis* Spaeth, 1952 (Chrysomelidae: Cassidinae) en México

# Potential distribution of *Helocassis* Spaeth, 1952 (Chrysomelidae: Cassidinae) in Mexico

**Fatima Magdalena Sandoval-Becerra[1], Uriel Jeshua Sánchez-Reyes[2], *Santiago Niño-Maldonado[3], Miguel Vásquez-Bolaños[1], José Rafael Herrera-Herrera[3]**

[1]Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Ing. Ramón Padilla Sánchez No.2100, C.P. 45110. Las Agujas, Nextipac, Zapopan. Jalisco, México. famasabe@gmail.com; mvb14145@hotmail.com. [2]Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil No.1301, C.P. 87010. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México; uriel_elf3@hotmail.com. [3]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Victoria, C.P. 87149. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México; *autor para correspondencia: coliopteranino@hotmail.com.

**RESUMEN**

Las herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG) para la determinación de la distribución potencial de especies son muy útiles para estimar la riqueza biológica de sitios no estudiados y representan un elemento importante en el conocimiento biogeográfico y establecimiento de áreas prioritarias para la conservación. Pocos estudios en invertebrados han integrado el uso de esta tecnología, en contraste con otros grupos zoológicos como lo son aves, mamíferos y reptiles que la han explotado al máximo. La inclusión de la familia Chrysomelidae en este tipo de estudios es relevante dada la importancia ecológica y económica de sus especies, entre ellas las pertenecientes al género *Helocassis*. Mediante el algoritmo de máxima entropía (MAXENT) y registros georreferenciados de ejemplares de distintas regiones de América, se generaron los primeros mapas de distribución de tres de las especies del género en México. La distribución conocida de las especies analizadas abarca 18 entidades y mediante la estimación en su distribución con este algoritmo, la presencia del género se incrementó a 27 estados excepto para Baja California Norte y Sur, Colima, Tlaxcala y Quintana Roo, lo cual representa más del 84% de cobertura en el país. Los resultados permiten diferenciar tres categorías con base en la presencia de una, dos o tres de las especies analizadas, siendo *Helocassis testudinaria* (Boheman, 1855) la especie de mayor distribución, seguida de *Helocassis clavata* (Fabricius, 1798) y *Helocassis crucipennis* (Boheman, 1855). En base a los mapas de distribución potencial, los estados con mayor riqueza representativa del género fueron Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Se encontró que la ecorregión fue la principal variable en común que determina la distribución de las especies evaluadas. Sin embargo, debido a la escasa información disponible sobre la biología y ecología de las mismas, es necesario realizar muestreos sistemáticos en escalas temporales mayores, en donde pueda asociarse la presencia de dichos taxa con los atributos ambientales que influyan en su distribución. De esta forma se generarían modelos de distribución potencial robustos que contribuyan a la conservación de estas especies de crisomélidos en México.

**Palabras clave:** Crisomélidos, SIG, Distribución Potencial, Factores Abióticos, Biogeografía.

**ABSTRACT**

The use of Geographic information system (GIS) tools to determine the potential distribution of species are useful to estimate the biological diversity of unstudied regions and represent a key element in the biogeographic knowledge and determination of priority areas for conservation. Most distribution studies using GIS tools have been focused on birds, mammals, and reptiles, but few studies have been conducted on invertebrates. It is important to include this tools in the future Chrysomelidae studies because of the high ecological and economical importance of this family, especially for the species in the genus *Helocassis*. We used maximum entropy algorithm (MAXENT) and georeferenced records from specimens of different regions of America to generate the first maps of potential distribution of three species of *Helocassis* in Mexico. The current distribution of the three studied species comprised only 18 states; however, the estimated distribution encompassed 27 states, which represents more than 84% of the country, except for the states of Baja California Norte and Sur, Colima, Tlaxcala and Quintana Roo. Our results distinguish three categories based on the presence of one, two or three of the studied species, being *Helocassis testudinaria* (Boheman, 1855) the most widely distributed species, followed by *Helocassis clavata* (Fabricius, 1798), and *Helocassis crucipennis* (Boheman, 1855). Based on the potential distribution, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, and Zacatecas were the states with the highest species richness of *Helocassis*. It was found that the ecoregion was the most important variable influencing the distribution of the assessed species. Because of the limited biological and ecological information of the studied species, we stressed the need of implementing more intensive systematic samplings over greater time periods and spatial scales to associate the variability of the presence of these species with environmental attributes to validate the factors determining their distribution. Thus, we will be able to generate more rigorous distribution models in order to support the conservation of the Chrysomelid species in Mexico.

**Key words:** Chrysomelidae, GIS, Potential Distribution, Abiotic Factors, Biogeography.

Dentro del orden Coleoptera, Chrysomelidae es una de las familias más diversas, ya que está conformada por más de 35,000 especies descritas en el mundo (Costa 2000, Bouchard *et al*. 2009) siendo Cassidinae (incluyendo Hispinae) la segunda subfamilia con mayor riqueza específica con 312 géneros y 6,000 especies (Borowiec 1999, Lingafelter & Konstantinov 2000, Staines 2004, Chaboo 2007). De acuerdo a Ordóñez-Reséndiz *et al*. (2014), en México se registran 2,174 especies de crisomélidos, y de éstas 161 corresponden a Cassidinae. Sin embargo, es probable que la cifra real sea mayor (Niño-Maldonado *et al*. 2014, Sánchez-Reyes *et al.* 2014).

Debido al hábito fitófago de los crisomélidos, muchas de sus especies han sido consideradas plaga, pues atacan diversos cultivos agrícolas u ornamentales y por lo tanto son de importancia económica. Dentro de estas especies se reconocen algunos miembros de la subfamilia Cassidinae como los son *Ctenochira cumulata* (Boheman, 1855), *Deloyala guttata* (Oliver, 1970), *Charidotella sexpunctata* (Fabricius, 1781), *Agroiconota bivittata* (Say, 1827), *Jonthonota nigripes* (Olivier, 1790), *Chelymorpha cassidea* (Fabricius, 1775), *Gratiana pallidula* (Boheman, 1854) y *Hemisphaerota cyanea* (Say, 1823) (Saunders *et al*. 1998, Cranshaw 2004). En México, el género *Helocassis* se ha considerado como plaga potencial para la Meseta Central de México (Pacheco 1986) y está representado por cinco especies (Borowiec & Świętojańska 2014, Ordóñez-Reséndiz 2014). Recientemente, *H. clavata* se ha observado en la Península de Baja California (Andrews & Gilbert 2005), particularmente en chile piquín silvestre (*Capsicum annuum* L. variedad *aviculare*) al cual se ha hecho referencia como planta hospedera (Tejas *et al.* 2011); sin embargo, todas ellas se consideran especies comunes y de importancia menor (Saunders *et al*. 1998). No obstante, poco se ha estudiado respecto al papel ecológico que desempeñan estas y otras especies de crisomélidos.

Por otra parte, la distribución real de la crisomelofauna es pobremente conocida. En los últimos años se han generado listados y revisiones taxonómicas, así como estudios enfocados en aspectos de distribución vertical de las especies de crisomélidos (Noguera 1988, Furth & Savini 1996, Niño-Maldonado 2000, Burgos-Solorio & Anaya-Rosales 2004, Furth 2006, Flinte *et al.* 2011, Furth 2013, Niño-Maldonado *et al.* 2014, Ordóñez-Reséndiz *et al.* 2014, Sánchez-Reyes *et al.* 2014, Sánchez-Reyes *et al.* 2015). Paralelamente, se han descrito algunos aspectos ecológicos que influyen en dicha distribución, los cuales van desde parámetros ambientales hasta la influencia de la perturbación antropogénica (Méndez & Del Toro 2005, Baselga & Jiménez-Valverde 2007, Sánchez-Reyes *et al.* 2015). De tal forma, es necesario analizar la perspectiva de distribución geográfica de los crisomélidos para comprender cómo interactúan sus poblaciones.

Una alternativa para el análisis geográfico de la distribución de las especies, que permite la evaluación de sitios no inventariados así como el modelaje de escenarios pasados o futuros en dicha distribución, son los modelos predictivos de distribución geográfica (Tognelli *et al.* 2009), los cuales examinan la asociación entre diversas variables ambientales y la ocurrencia conocida de la especie en cuestión (Guisan & Zimmermann 2000, Scott *et al.* 2002, Guisan & Thuiller 2005). Recientemente numerosos métodos y herramientas de modelado se han desarrollado (Guisan & Thuiller 2005, Elith *et al.* 2006), aunque principalmente son utilizados en ecología y biogeografía (Anderson *et al.* 2003, Coudun *et al.* 2006). Por lo tanto, el uso de estas alternativas cumplen con una doble función: primero, aportar conocimiento sobre la distribución potencial de las especies para conocer la riqueza y diversidad de zonas no evaluadas; en segunda instancia, utilizar dichas predicciones en la elección de sitios de interés particular como zonas de conservación biológica (Meggs *et al.* 2004, Chefaoui *et al.* 2005).

Existen estudios previos utilizando estas herramientas con grupos diversos de flora y fauna, principalmente vertebrados (Guisan & Thuiller 2005). Respecto a insectos, han sido pocos los grupos estudiados desde esta perspectiva, y principalmente se ha aplicado a especies de importancia para el hombre (Komar *et al.* 2005, López-Cárdenas *et al.* 2005, Peterson *et al.* 2005, Roura-Pascual *et al.* 2004, Fitzpatrick *et al*. 2006). Por lo tanto, en base a la relevancia ecológica de la familia Chrysomelidae, así como la importancia económica de *Helocassis* en el país, los objetivos de la presente investigación fueron: 1) generar los primeros mapas de distribución potencial de las especies de *Helocassis* mexicanas, y 2) aportar información acerca de los parámetros ambientales que posiblemente limitan la distribución de cada una de las especies.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los registros de las especies usados para generar el modelo de distribución potencial, fueron obtenidos de la base de datos de la Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2015) correspondiente a los países de Belice, Brasil, Costa Rica, El Salvador, Estados Unidos, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Venezuela, así como de localidades disponibles en la literatura y obtenidos directamente de la revisión de ejemplares en la colección de Chrysomelidae de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Las localidades y coordenadas geográficas obtenidas fueron revisadas mediante el programa Google Earth. Se eliminaron los registros erróneos y de localidades que no fue posible localizar su posición geográfica. Por ello, se trabajó sólo con tres de las cinco especies de *Helocassis* presentes para México, dado que fueron aquellas para las cuales se obtuvieron registros georreferenciados validos: *Helocassis clavata* (Fabricius, 1798), *Helocassis crucipennis* (Boheman, 1855) y *Helocassis testudinaria* (Boheman, 1855).

El análisis de distribución potencial se realizó mediante la aplicación Maximum Entropy Species Distribution

Modelling Version 3.3.3k (MAXENT 2015). Se utilizaron variables climáticas disponibles en el sitio web de WorldClim, incluyendo 19 variables bioclimáticas (BIOCLIM, ver Cuadro 1) y la altitud (Hijmans *et al.* 2005). Además, se utilizaron las capas de Índice de aridez, Evapotranspiración anual (Trabucco & Zomer 2009) y Ecorregiones (Olson *et al*. 2001). Las 23 capas ambiental-climáticas, fueron procesadas para incluir todos los registros disponibles del continente Americano, y posteriormente homogenizadas con el mismo número de pixeles, renglones y columnas mediante el software de ArcView GIS 3.2 (ESRI 1999) e IDRISI Selva 17.0 (Eastman 2012); esto con el objetivo de que la concordancia entre las capas climáticas fuera del 100%, lo cual es requerido por el software de distribución potencial. Los parámetros para el análisis en MAXENT fueron los predeterminados en el programa.

Los mapas de distribución potencial generados por MAXENT para cada especie fueron importados al programa IDRISI 17.0, usando valores de probabilidad. Posteriormente, cada mapa fue reclasificado a un mapa booleano, empleando valores de presencia (1) y ausencia (0). Los valores para determinar el rango a partir del cual se presentaba cada especie fueron obtenidos del umbral o límite logístico obtenido en el valor fijo de 10, el cual es generado en forma individual para cada una de las especies en MAXENT. Los mapas reclasificados de cada especie fueron sumados, y el resultado fue nuevamente reclasificado de acuerdo a tres categorías de riqueza (Cuadro 3): A) tres especies, B) dos especies, y C) solamente una especie. Con dichos valores, se obtuvo como resultado un mapa general de riqueza específica para las tres especies estudiadas del género (Figura 2). Todos los mapas generados fueron procesados para mostrar sólo la distribución potencial encontrada en México, a pesar de haber sido generados con registros de todo el continente.

## RESULTADOS

El valor promedio del área bajo la curva obtenida para las tres especies fue cercana al valor de 1, indicando que los modelos individuales generados fueron más robustos que el azar (*H. clavata* = 0.981; *H. crucipennis* = 0.997; *H. testudinaria* = 0.994). De acuerdo a la distribución potencial registrada, *H. testudinaria* es la especie de distribución más amplia ocupando 27 estados de la República Mexicana, seguida de *H. clavata* que está presente en 23 entidades (Cuadro 2, Figs. 1A y 1C). La distribución de ambas especies se comparte en la mayor parte del territorio pues se presenta su coexistencia en 22 de estos estados (Cuadro 3, Figura 2B). En cambio, la distribución potencial más restringida se registró en *H. crucipennis*, con sólo 13 estados y una extensión territorial menor que las otras especies (Cuadro 2, Fig. 1B); adicionalmente, esta especie se presentó siempre coexistiendo con alguna de las dos anteriores o bien, con ambas (Cuadro 3, Fig. 2B).

En relación a las categorías de riqueza potencial (Cuadro 3, Fig. 2A), el área donde se concentró la distribución potencial de las tres especies (categoría A) corresponde en su mayoría a la región noreste del país, principalmente en los estados de Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas. En menor proporción, se encuentra también en los estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Veracruz y Zacatecas. La categoría intermedia (categoría B) se localizó cubriendo casi todo el estado de Morelos, también en estados correspondientes a las regiones noroeste y noreste así como la costa del Golfo de México. Además se ubicó, en menor proporción, dentro de los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Oaxaca, Puebla y Querétaro, así como la región adyacente entre el sur de Tamaulipas y Nuevo León (Fig. 2).

Por último, las zonas donde sólo se presentó una especie (categoría C) fueron principalmente la región norte de los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas. En la zona que comprende la costa del Océano Pacífico se presentó en el límite entre Jalisco y Nayarit cubriendo casi totalmente este último; también en el estado de Sinaloa y la región sur del estado de Sonora. En la región centro se presenta en el Estado de México, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán y Querétaro. Esta categoría también incluye secciones de los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Es necesario señalar que *H. crucipennis* se distribuyó siempre en coexistencia con alguna de las otras especies (Fig. 2B).

El análisis de contribución de las variables mostró que cada una de las especies responde de forma diferente a los parámetros empleados. Sin embargo, como tendencia general se encontró que la ecorregión es la variable con el mayor porcentaje de contribución o mayor aporte para la generación del modelo en cada una de las especies de *Helocassis*. En forma particular, para *H. clavata* la ecorregión presentó un 58.9% de importancia en la generación del modelo, seguida de la temperatura promedio del cuatrimestre más húmedo (Bio8, 12.17%). Según el umbral mínimo para la presencia de la especie (0.064), 33 ecorregiones fueron las más importantes para la distribución de *H. clavata* en América, de las cuales 14 corresponden al territorio mexicano: Bosques húmedos de Petén-Veracruz (11), Bosques de pino-encino de Centroamérica (22), Bosques secos de América Central (49), Bosques secos del Balsas (51), Bosques montanos de Veracruz (119), Bosques secos del Bajío (123), Bosques secos de la Depresión de Chiapas (138), Bosques de pino-encino de la Sierra Madre Oriental (202), Desierto de Chihuahua (228), Pastizales costeros del Occidente del Golfo (230), Matorral Tamaulipeco (257), Mezquital Tamaulipeco (292), Matorral de la Meseta Central (294) y Matorral Central Mexicano (295). En el caso de la temperatura promedio del cuatrimestre más húmedo, el valor mínimo de presencia para la especie es a partir de 16°C, siendo la mayor probabilidad de ocurrencia en el intervalo de 16° a 24.5°C (Fig. 3).

Para *H. crucipennis*, la ecorregión representó el 74% de la importancia, siendo ocho las ecorregiones en donde potencialmente puede presentarse la especie, y de las cuales los Bosques húmedos de Veracruz (8), Bosques secos de América Central (49), Bosques montanos de Veracruz (119), Bosques de pino-encino de la Sierra Madre Oriental (202) y Matorral Tamaulipeco (257) corresponden a México. El coeficiente de variación de la precipitación (variable Bio15) también fue de importancia para *H. crucipennis*, aportando 16.2% para la distribución de la especie, con un intervalo desde 60 hasta 110 mm, en donde la mayor probabilidad de presencia fue 80 mm de precipitación (Fig. 4).

Por último, en *H. testudinaria* la variable ecorregión representó el 68.6%, con la presencia de la especie en 12 ecorregiones de las cuales las siguientes se presentaron en México: Bosques húmedos de Veracruz (8), Bosques húmedos de Petén-Veracruz (11), Bosques secos del Balsas (51), Pantanos de Centla (52), Bosques montanos de Veracruz (119), Bosques secos del Bajío (123), Bosques de pino-encino de la Sierra Madre Oriental (202), Desierto de Chihuahua (228), Matorral Tamaulipeco (257), Matorral de la Meseta Central (294) y Matorral Central Mexicano (295). Para el coeficiente de variación de precipitación (Bio15), el porcentaje de contribución fue de 10.1%, siendo la mayor probabilidad de presencia de la especie en 75 mm, con un intervalo entre 25 a 210 mm (Fig. 5). Además para esta especie se presentó una tercera variable de importancia, el coeficiente de evapotranspiración, con un valor mínimo de 1100 mm/mes para la presencia de *H. testudinaria*, y un valor óptimo de 1700 mm/mes.

## DISCUSIÓN

El género *Helocassis* en el continente Americano está representado por ocho especies que se distribuyen principalmente en América del Norte y América Central, aunque alcanzan parte de América del Sur registrando especies en Brasil. De ese total, se conoce que en México el género está representado por cinco especies (Borowiec & Świętojańska 2014, Ordóñez-Reséndiz 2014). Sin embargo, debido a los escasos registros georreferenciados de *Helocassis distorta* (Boheman, 1855) y *Helocassis maculicollis* (Champion 1894) sólo se tomó en cuenta a *H. clavata*, *H. crucipennis* y *H. testudinaria*. Para dichas especies, la distribución conocida en México cubre 18 de los 32 estados que representan el país (Baly & Champion 1885-1894, Pallister 1953, Noguera 1988, Borowiec & Świętojańska 2014, Niño-Maldonado *et al*. 2014, Sánchez-Reyes *et al.* 2014); sin embargo, la riqueza potencial combinada en México cubre 27 entidades federativas incluyendo el Distrito Federal lo que representa una cobertura del 84.37% del territorio mexicano excepto por los estados de Baja California Norte y Sur, Colima, Tlaxcala y Quintana Roo (Cuadro 2).

Respecto a la clasificación considerada en el análisis, la categoría A, conformada por los estados de Campeche, Chihuahua, Chiapas, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas, representó los estados de mayor riqueza para el género. Estos resultados son contrastantes con los registros puntuales presentados por Borowiec & Świętojańska (2014) quienes han reportado la presencia de las tres especies exclusivamente en el estado de Morelos. En la categoría B, Borowiec & Świętojańska (2014) reportan incidencia de *H. clavata* y *H. testudinaria* para Tamaulipas, mientras que San Luis Potosí y Chiapas coinciden en la presencia de *H. crucipennis* y *H. testudinaria*; por otra parte, Niño-Maldonado *et al.* (2014) y Sánchez- Reyes *et al*. (2014) reportan para Tamaulipas la incidencia *H. crucipennis* y *H. testudinaria* pero no la de *H. clavata*; el mismo caso registraron Baly & Champion (1885-1894) para Veracruz. Sin embargo, los resultados del análisis muestran que la coexistencia de dos especies del género no sólo se presenta en estos cuatro estados, si no que dicha categoría se registró potencialmente en 22 entidades. Por otra parte, la categoría C, que indica la presencia exclusiva de una de las especies, cubre en su mayoría el territorio mexicano siendo *H. clavata* la especie más probable a encontrar de acuerdo a los mapas de distribución potencial; en cambio, los registros existentes (Baly & Champion 1885-1894, Pallister 1953, Noguera 1988, Niño-Maldonado 2000, Borowiec & Świętojańska 2014, Sánchez-Reyes *et al.* 2014) muestran que la especie con mayor distribución conocida es *H. testudinaria*. Esta discrepancia entre la distribución potencial y conocida se atribuye a la carencia de inventarios sobre Chrysomelidae en otras regiones del país; por ello, no se descarta registrar a dichas especies en futuros estudios.

Aunque *H. clavata* ha sido observada con anterioridad en la Península de Baja California (Andrews & Gilbert 2005, Tejas *et al*. 2011), la distribución potencial de la especie generada en este trabajo no incluyó dicha región del país. Esto se atribuye a que no se obtuvieron registros georreferenciados que pudieran ser incluidos en la generación de los modelos de distribución. Si bien *H. clavata* se ha considerado como plaga potencial de chile piquín (*Capsicum anumm*) en Baja California (Tejas *et al*. 2011), dichos registros constituyen observaciones aisladas posiblemente originadas por la introducción accidental de esta especie, dado que ya se han registrado casos similares en Norte América (Chaboo 2007). Por otra parte, la Península de Baja California representa un único dominio biogeográfico donde confluyen las provincias de Baja California, California y Sonora, siendo este punto un nodo de concentración de diversas variables biogeográficas (Morrone y Márquez 2008); por ello, esta área posee características particulares que la diferencian del resto del territorio nacional. Aunque se ha encontrado una alta diversidad de escarabajos crisomélidos en dicha área (Andrews & Gilbert 2005), considerando las variables de importancia para el género y siendo la ecorregión la variable de mayor influencia, las características no concuerdan con los umbrales que requieren las especies de

*Helocassis* evaluadas.

A pesar de que los modelos de distribución potencial son herramientas útiles, también se deben de tomar con reserva. Para México, son pocos los sitios en los cuáles se ha evaluado e inventariado la crisomelofauna y, por lo tanto, los registros geográficos están restringidos a dichas áreas; por lo que éstos pueden proveer información incompleta respecto a los parámetros ambientales (Sánchez-Fernández *et al*. 2011) y, en consecuencia, los resultados del modelo de distribución pueden estar comprometidos (Hortal *et al.* 2008) únicamente a la información disponible. A pesar de esto, actualmente han surgido diversas técnicas que permiten obtener simulaciones fiables para representar la distribución a partir de datos incompletos (Gil & Lobo 2012), siendo el caso de los modelos presentados en este estudio. En adición a lo anterior, la distribución potencial no siempre se puede validar mediante datos de distribución (Gil & Lobo 2012); esto se debe a que la presencia de una especie, y por tanto, el dato georreferenciado que representa, no siempre es confiable dado que es posible que las especies puedan estar ausentes en sitios adecuados o presentes en inadecuados. Esto ocurre esencialmente debido a cuatro razones: a) muestreo incompleto, b) muestreo selectivo, c) especies crípticas y d) determinaciones erróneas (Hirzel & Le-Lay 2008). Por lo tanto, además de la correcta diferenciación de los ejemplares en cuestión, es importante realizar muestreos completos y sistemáticos, con el objetivo de determinar la asociación local de las especies con el conjunto de variables microclimáticas que determinen su nicho. De esta forma, se podrían generar bases de datos que permitan elaborar predicciones de distribución más robustas.

En relación a las variables ambientales y su influencia en la distribución potencial de *Helocassis*, se presentaron valores bajos de contribución para la mayoría de las variables abióticas analizadas, mientras que la ecorregión fue la variable de más importancia para la distribución de las especies. Esto se atribuye a las características ecológicas y fisiográficas distintivas que representan cada una de las ecorregiones (Olson *et al*. 2001), las cuáles constituyen unidades biológicas y climáticas que favorecen la presencia de las especies, y probablemente son las variables más importantes en determinar la distribución de las plantas hospederas de *Helocassis*. Es necesario señalar que los datos georreferenciados para el modelo simulan la distribución potencial de las especies de Chrysomelidae, y dada la estrecha relación entre éstos y sus plantas hospederas, es posible también que la distribución potencial de dichas plantas coincida con la de los crisomélidos evaluados.

En forma particular para cada una de las especies, se observó que la distribución en México de *H. clavata* ocurre en un mayor número de ecorregiones, y está asociada con temperaturas templadas pero solo durante las temporadas de mayor humedad. La distribución en *H. crucipennis*, estuvo restringida principalmente a regiones montañosas con rangos bajos de precipitación de la costa del Golfo de México. En cambio, *H. testudinaria* se encontró asociada a un menor número de ecorregiones; sin embargo, su área de distribución geográfica fue mayor, lo cual se atribuye a que la especie no se ve tan restringida por la temperatura y presenta un rango mayor en la variación de la precipitación en relación a *H. crucipennis*. En conjunto, estos patrones sugieren la presencia de estrategias de las especies para coexistir en las mismas zonas del territorio mexicano, como medio para evitar la competencia por el nicho espacial y temporal (Hirzel & Le-Lay 2008).

Debido a que la distribución actual de la biodiversidad está condicionada por la especificidad de respuesta al medio de cada organismo, tal y como lo indicó Hengeveld (1997), es importante fomentar el uso de herramientas de geoinferenciación para modelar la distribución potencial de las especies, ya que es útil desde diferentes perspectivas pues permite visualizar áreas de interés (Chefaoui *et al.* 2005). Así mismo, los análisis de biodiversidad a través del estudio de las ecorregiones permiten desarrollar estrategias para evitar la pérdida de especies y por tanto, desempeñan un papel importante en la conservación (Olson, *et al.* 2001). Dado que los crisomélidos representan un grupo de interés económico, así como de gran importancia ecológica por su potencial bioindicador, las evaluaciones presentadas permiten contemplar la inclusión de este grupo en los programas para definir áreas prioritarias en la conservación biológica.

## LITERATURA CITADA


Anderson, R.P., D. Lew & A.T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: Criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162(3): 211-232.

Andrews, F.G. & A.J. Gilbert. 2005. A preliminary annotated checklist and evaluation of the diversity of the Chrysomelidae (Coleoptera) of the Baja California peninsula, Mexico. *Insecta Mundi*, 19(1-2): 89-116.

Baly, J.S. & G.C. Champion. 1885-1894. *Biología Centrali-Americana. Insecta. Coleoptera. Phytophaga (part). Vol. VI, pt. 2*. R.H. Porter, London.

Baselga, A. & A. Jiménez-Valverde. 2007. Environmental and geographical determinants of beta diversity of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in the Iberian Peninsula. *Ecological Entomology*, 32(3): 312-318.

Borowiec, L. & J. Świętojańska. 2014. *Cassidinae of the world - an interactive manual (Coleoptera: Chrysomelidae)*. http://culex.biol.uni.wroc.pl/cassidae/katalog%20internetowy/ index.htm (Accesado el 19 de junio de 2015).

Borowiec, L. 1999. *A World Catalogue of the Cassidinae*. Biologica Silesiae, Wroclaw.

Bouchard, P., V.V. Grebennikov, A.B.T. Smith & H. Douglas. 2009. Biodiversity of Coleoptera. (pp. 265-301). *In*: Foottit, R.G. & P.H. Adler (Eds.). *Insect biodiversity: Science and Society*. Blackwell Publishing, Inglaterra.

Burgos-Solorio, A. & S. Anaya-Rosales. 2004. Los crisomelinos (Coleoptera: Chrysomelidae:

Chrysomelinae) del Estado de Morelos. *Acta Zoológica Mexicana* (*ns),* 20(3): 39-66.
Chaboo, C.S. 2007. Biology and Phylogeny of the Cassidinae Gyllenhal Sensu Lato (tortoise and leaf-mining beetles) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 305: 1-250.
Chefaoui, R.M., J. Hortal & J.M. Lobo. 2005. Potential distribution modelling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: A case study of Iberian *Copris* species. *Biological Conservation*, 122(2): 327-338.
Costa, C. 2000. Estado de conocimiento de los Coleoptera Neotropicales. (pp. 99-114). *In*: Martín- Piera, F., J.J. Morrone & A. Melic (Eds.). *Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000. Sociedad Entomológica Aragonesa Vol. I.* Monografías Tercer Milenio, España.
Coudun, C., J.C. Gegout, C. Piedallu & J.C. Rameau. 2006. Soil nutritional factors improve models of plant species distribution: An illustration with *Acer campestre* (L.) in France. *Journal of Biogeography*, 33(10): 1750-1763.
Cranshaw, W. 2004. Garden insects of North America: the ultimate guide to backyard bugs. Princeton University Press, New Jersey.
Eastman, J.R. 2012. *IDRISI Selva 17.0.* Clark University, Worcester, USA. www.clarklabs.org (Accesado el 25 de junio de 2015).
Elith, J., C.H. Graham, R.P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R.J. Hijmans, F. Huettmann, J.R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L.G. Lohmann, B.A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J.M. Overton, A. Townsend Peterson, S.J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R.E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M.S. Wisz & N.E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2):129-151.
ESRI (Environmental Systems Research Institute). 1999. *ArcView GIS 3.2*. Redlans, CA.
Fitzpatrick, M.C., J.F. Weltzin, N.J. Sanders & R.R. Dunn. 2006. The biogeography of prediction error: why does the introduced range of the fire ant over-predict its native range? *Global Ecology and Biogeography*, 16(1): 24-33.
Flinte, V., S. de Freitas, M.V. de Macedo & R.F. Monteiro. 2011. Altitudinal and temporal distribution of *Plagiometriona* Spaeth, 1899 (Coleoptera, Chrysomelidae, Cassidinae) in a tropical forest in southeast Brazil. *In*: Jolivet, P., J. Santiago-Blay & M. Schmitt (Eds.). *Research on Chrysomelidae 3*. *ZooKeys,* (157): 15-31.
Furth, D.G. & V. Savini. 1996. Checklist of the Alticinae of Central America, including Mexico (Coleoptera: Chrysomelidae). *Insecta Mundi*, 10(1-4): 45-68.
Furth, D.G. 2006. The current status of knowledge of the Alticinae of Mexico (Coleoptera: Chrysomelidae). *Bonner Zoologische Beiträge*, 54(4): 209-237.
Furth, D.G. 2013. Diversity of Alticinae in Oaxaca, Mexico: A preliminary study (Coleoptera, Chrysomelidae). *ZooKeys*, (332): 1-32.
Gil, G.E. & J.M. Lobo. 2012. El uso de modelos predictivos de distribución para el diseño de muestreos de especies poco conocidas. *Mastozoología Neotropical*, 19(1): 47-62.
Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2015. *Open access to Biodiversity Data.* http://www.gbif.org/ (Accesado el 25 de junio de 2015).
Guisan, A. & N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2): 147-186.
Guisan, A. & W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9): 993-1009.
Hengeveld, R. 1997. Impact of Biogeography on a population-paradigm shift. *Journal of Biogeography*, 24(5): 541-547.
Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones & A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
Hirzel, A.H. & G. Le-Lay. 2008. Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology,* 45: 1272-1381.
Hortal, J., A. Jiménez-Valverde, J.F. Gómez, J.M. Lobo & A. Baselga. 2008. Historical bias in biodiversity inventories affects the observed realized niche of the species. *Oikos,* 117: 847-858
Komar, O., B.J. O'shea, A.T. Peterson & A.G. Navarro-Sigüenza. 2005. Evidence of latitudinal sexual segregation among migratory birds wintering in Mexico. *Auk*, 122(3): 938-948.
Lingafelter, S.W. & A.S. Konstantinov. 2000. The monophyly and relative rank of alticine and galerucine leaf beetles: a cladistic analysis using adult morphological characters (Coleoptera: Chrysomelidae. *Entomologica Scandinavica*, 30(4): 397-416.
López-Cárdenas, J., F.E. González-Bravo, P.M. Salazar-Schettino, J.C. Gallaga-Solorzano, E. Ramírez-Barba, J. Martínez-Méndez, V. Sánchez-Cordero, A.T. Peterson & J.M. Ramsey. 2005. Fine-scale predictions of distributions of Chagas disease vectors in the state of Guanajuato, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 42(6): 1068-1081.
MAXENT (Maximum Entropy Species Distribution Modelling). 2015. *Software for species habitat modeling. Version 3.3.3k*. www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent. (Accesado el 25 de junio de 2015).
Meggs, J.M., S.A. Munks, R. Corkrey & K. Richards. 2004. Development and evaluation of predictive habitat models to assist the conservation planning of

a threatened lucanid beetle, *Hoplogonus simsoni*, in north-east Tasmania. *Biological Conservation*, 118(4): 501-511.

Méndez, A.B. & M.B. del Toro. 2005. Influencia de tres variables climáticas sobre el comportamiento de *Epitrix hirtipennis* (Melsh.) (Coleoptera: Chrysomelidae) y algunos aspectos de su biología en un cultivar de tabaco en la zona norte de la provincia de las tunas. *Fitosanidad*, 9(2): 29-32.

Morrone, J.J. y J. Márquez. 2008. Biodiversity of mexican terrestrial arthropods (Arachnida and Hexapoda): a biogeographical puzzle. *Acta Zoológica Mexicana (ns)* 24 (1): 15-41.

Niño-Maldonado, S., U.J. Sánchez-Reyes, E. Meléndez-Jaramillo, V.C. Gómez-Moreno & J.L. Navarrete-Heredia. 2014. Coleópteros Chrysomelidae. (pp. 85-98). *In*: Guerrero, S., J.L. Navarrete-Heredia & S.H. Contreras-Rodríguez (Eds.). *Biodiversidad del Estero El Salado.* Universidad de Guadalajara, México.

Niño-Maldonado, S. 2000. *Los crisomélidos del Bosque Mesófilo de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Gómez Farías, Tamaulipas*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Agronomía. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L044. México, D.F.

Noguera, F.A. 1988. Hispinae y Cassidinae (Coleoptera: Chrysomelidae) de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana*, (77): 277-310.

Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, J.F. Lamoreux,. Ricketts, T.H, I. Itoua, W.W. Wettengel, Y. Kura, P. Hedao & K. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience,* 51(11): 933-938.

Ordóñez-Reséndiz, M.M. 2014. *Catálogo de Autoridades Taxonómicas y base de datos curatorial de la familia Chrysomelidae en México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Informe final, SNIB-CONABIO. Proyecto No. HS003. México, D. F.

Ordóñez-Reséndiz, M.M., S. López-Pérez & G. Rodríguez-Mirón. 2014. Biodiversidad de Chrysomelidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(supl.): 271-278.

Pacheco, M.F. 1986. *Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California*. *Libro técnico No. 1*. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste-CIANO, México.

Pallister, J.C. 1953. The leaf beetles of North Central Mexico collected on the David Rockefeller Mexican Expedition (Coleoptera, Chrysomelidae). *American Museum Novitates*, (1623): 1-95.

Peterson, A.T., C. Martínez-Campos, Y. Nakazawa & E. Martínez-Meyer. 2005. Time-specific ecological niche modeling predicts spatial dynamics of vector insects and human dengue cases. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 99(9): 647-655.

Roura-Pascual N., A.V. Suarez, C. Gómez, P. Pons, Y. Touyama, A.L. Wild & A. Towsend-Peterson. 2004. Geographical potential of Argentine ants (*Linepithema humile* Mayr) in the face of global climate change. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 271(1557): 2527-2534.

Sánchez-Fernández, D., J.M. Lobo & O.L. Hernández-Manrique. 2011. Species distribution models that do not incorporate global data misrepresent potential distributions: a case study using Iberian diving beetles. *Diversity and Distributions*, 17(1): 163-171.

Sánchez-Reyes, U.J., S. Niño-Maldonado & R.W. Jones. 2014. Diversity and altitudinal distribution of Chrysomelidae (Coleoptera) in Peregrina Canyon, Tamaulipas, Mexico. *ZooKeys*, (417): 103-132.

Sánchez-Reyes, U.J., S. Niño-Maldonado, L. Barrientos-Lozano, R.W. Jones & F.M. Sandoval- Becerra. 2015. Análisis del nicho ecológico de Cryptocephalinae (Coleoptera: Chrysomelidae) en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana*, 2(2): 526-532.

Saunders, J.L., D.T. Coto & A.B.S. King. 1998. *Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Manual Técnico n.29*. CATIE, Costa Rica.

Scott, J.M., P.J. Heglund, M.L. Morrison, J.B. Haufler, M.G. Raphael, W.A. Wall & F.B. Samson. 2002. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Island Press, Washington D.C.

Staines, C.L. 2004. Cassidinae (Coleoptera, Chrysomelidae) and Zingiberales: a review of the literature. (pp. 307-310). *In*: Jolivet, P., J.A. Santiago-Blay & M. Schmitt. (Eds.). *New Developments in the Biology of Chrysomelidae.* SPB Academic Publishing, Netherlands.

Tejas, R.A., R. Servín, A. Nieto-Garibay & A. Marín. 2011. Registro de *Plagiometriona clavata* (Fabricius 1798) (Coleoptera: Chrysomelidae) en chile silvestre *Capsicum annuum*, de Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana (ns*), 27(1): 201-205.

Tognelli, M.F., S.A. Roig-Juñent, A.E. Marvaldi, G.E. Flores & J.M. Lobo. 2009. An evaluation of methods for modelling distribution of Patagonian insects. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82: 347-360.

Trabucco, A., & R.J. Zomer. 2009. Global Aridity Index (Global-Aridity) and Global Potential Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI). 2015. *Evapo-Transpiration (Global-PET) Geospatial Database*. http://www.cgiar-csi.org (Accesado el 25 de junio de 2015).

Recibido: 20 de agosto 2015
Aceptado:13 de noviembre 2015

Cuadro 1. Descripción de las variables ambientales/bioclimas y clave empleada en el modelo usado para este estudio.

| Clave | Bioclima |
|---|---|
| Bio1 | Temperatura Media Anual |
| Bio2 | Rango Medio Diurno (Media mensual (Temperatura máxima – Temperatura min)) |
| Bio3 | Isotermalidad (Bio2/Bio7) (*100) |
| Bio4 | Estacionalidad de la Temperatura (Desviación estándar * 100) |
| Bio5 | Temperatura Máxima del Mes más Cálido |
| Bio6 | Temperatura Mínima del Mes más Frío |
| Bio7 | Rango de Temperatura Anual (Bio5 - Bio6) |
| Bio8 | Temperatura Media del Cuatrimestre más Húmedo |
| Bio9 | Temperatura Media del Cuatrimestre más Seco |
| Bio10 | Temperatura Media del Cuatrimestre más Cálido |
| Bio11 | Temperatura Media del Cuatrimestre más Frío |
| Bio12 | Precipitación Anual |
| Bio13 | Precipitación del Mes más Lluvioso |
| Bio14 | Precipitación del Mes más Seco |
| Bio15 | Estacionalidad de la Precipitación (Coeficiente de Variación) |
| Bio16 | Precipitación del Cuatrimestre más Húmedo |
| Bio17 | Precipitación del Cuatrimestre más Seco |
| Bio18 | Precipitación del Cuatrimestre más Cálido |
| Bio19 | Precipitación del Cuatrimestre más Frío |
| Alt | Altitud |
| Eco | Ecorregión |
| Arid | Índice de Aridez |
| Evapo | Coeficiente de Evapotranspiración |

Cuadro 2. Distribución conocida y potencial de las especies estudiadas de *Helocassis* en México.

| Especie | Distribución conocida | Distribución potencial |
|---|---|---|
| *Helocassis clavata* (Fabricius, 1798) | CHIH., GRO., GTO., HGO., MOR., PUE., SLP., TMPS. | CAMP., CHIH., CHIS., COAH., DGO., EDO. MEX., GRO., GTO., HGO., JAL., MICH., MOR., NL., OAX., PUE., QRO., SIN., SLP., SON., TAB., TMPS., VER., ZAC. |
| *Helocassis crucipennis* (Boheman, 1855) | CHIS., MOR., OAX., SLP., TAB., VER. | CAMP., CHIS., COAH., DGO., HGO., NL., OAX., PUE., QRO., SLP., TMPS., VER. |
| *Helocassis testudinaria* (Boheman, 1855) | CHIS., JAL., MICH., MOR., OAX., SIN., SON., TAB., TMPS., VER., YUC. | AGS., CAMP., CHIH., CHIS., COAH., DF., DGO., EDO. MEX., GRO., GTO., HGO., JAL., MICH., MOR., NAY., NL., OAX., PUE., QRO., SIN., SLP., SON., TAB., TMPS., VER., YUC., ZAC. |

Cuadro 3. Clasificación de acuerdo a la riqueza potencial específica y coexistencia de las especies de *Helocassis* en los estados de la República Mexicana.

| Categoría | Subcategoría | Estados |
|---|---|---|
| A (3 especies) | --- | CAMP., CHIH., CHIS., COAH., DGO., GTO., HGO., NL., OAX., PUE., QRO., SLP., TMPS., VER., ZAC. |
| B (2 especies) | 1. *H. clavata*- *H. crucipennis* | CHIS. |
| | 2. *H. clavata*- *H. testudinaria* | CAMP., CHIH., CHIS., COAH., DGO., EDO. MEX., GRO., GTO., HGO., JAL., MICH., MOR., NL., OAX., PUE., QRO., SLP., SON., TAB., TMPS., VER., ZAC. |
| | 3. *H. crucipennis*- *H. testudinaria* | GTO., HGO., PUE., QRO., SLP., TMPS., VER. |
| C (1 especie) | 1. *H. clavata* | BCN., BCS., CAMP., CHIH., CHIS., COAH., COL., DGO., EDO. MEX., GRO., JAL., MICH., MOR., NAY., NL., OAX., PUE., Q. ROO, SIN., SLP., SON., TMPS., VER., YUC. |
| | 2. *H. crucipennis** | --- |
| | 3. *H. testudinaria* | AGS., CAMP., CHIS., COAH., DF., DUR., EDO. MEX., GRO., GTO., HGO., JAL., MICH., NAY., NL., OAX., QRO., SIN., SLP., SON., TAM., TMPS., VER., ZAC. |

*Los resultados encontrados no muestran la distribución exclusiva de *H. crucipennis* en ninguno de los estados del país.

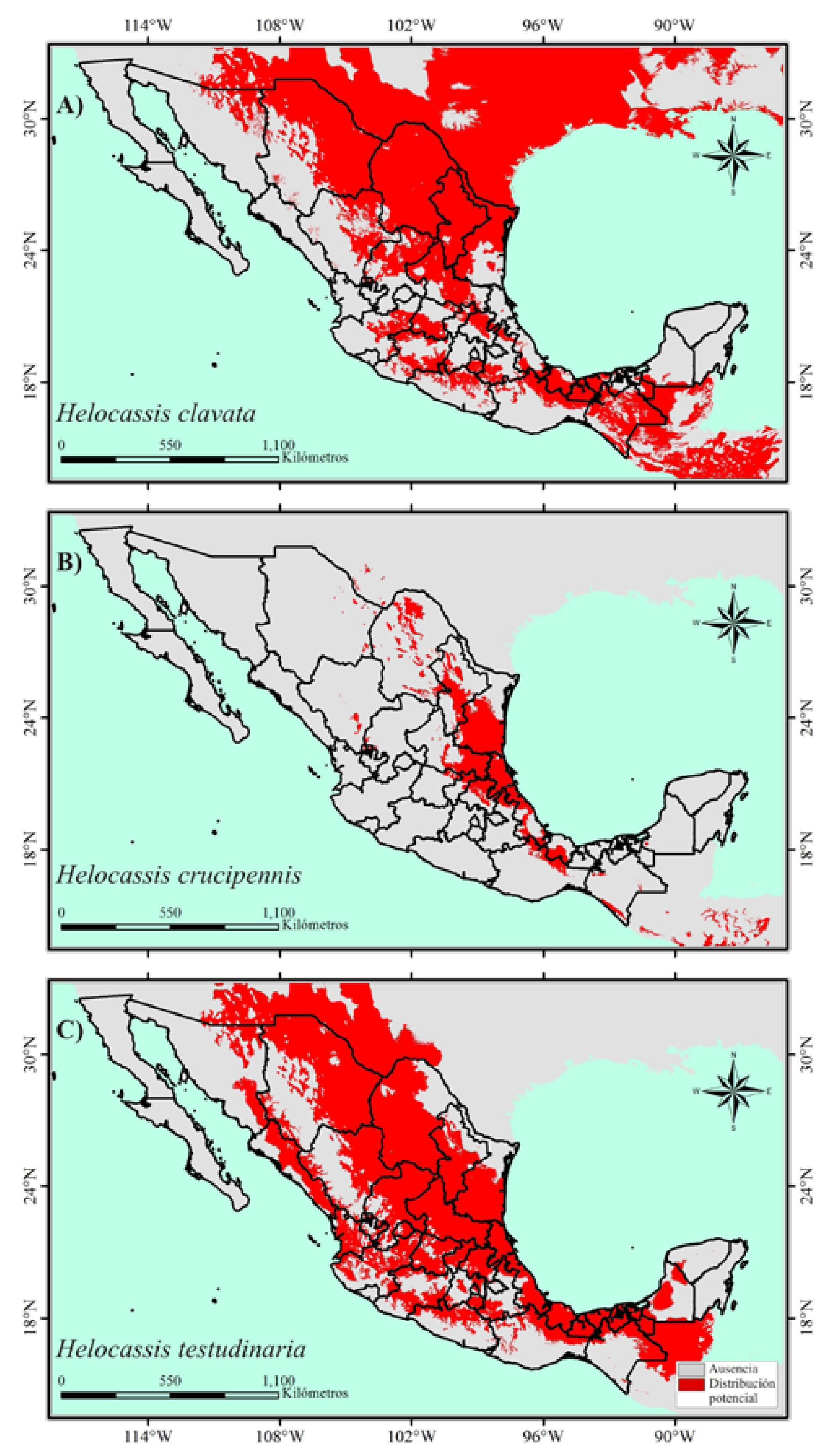



Figura 1. Distribución potencial de las especies estudiadas de *Helocassis* en México.

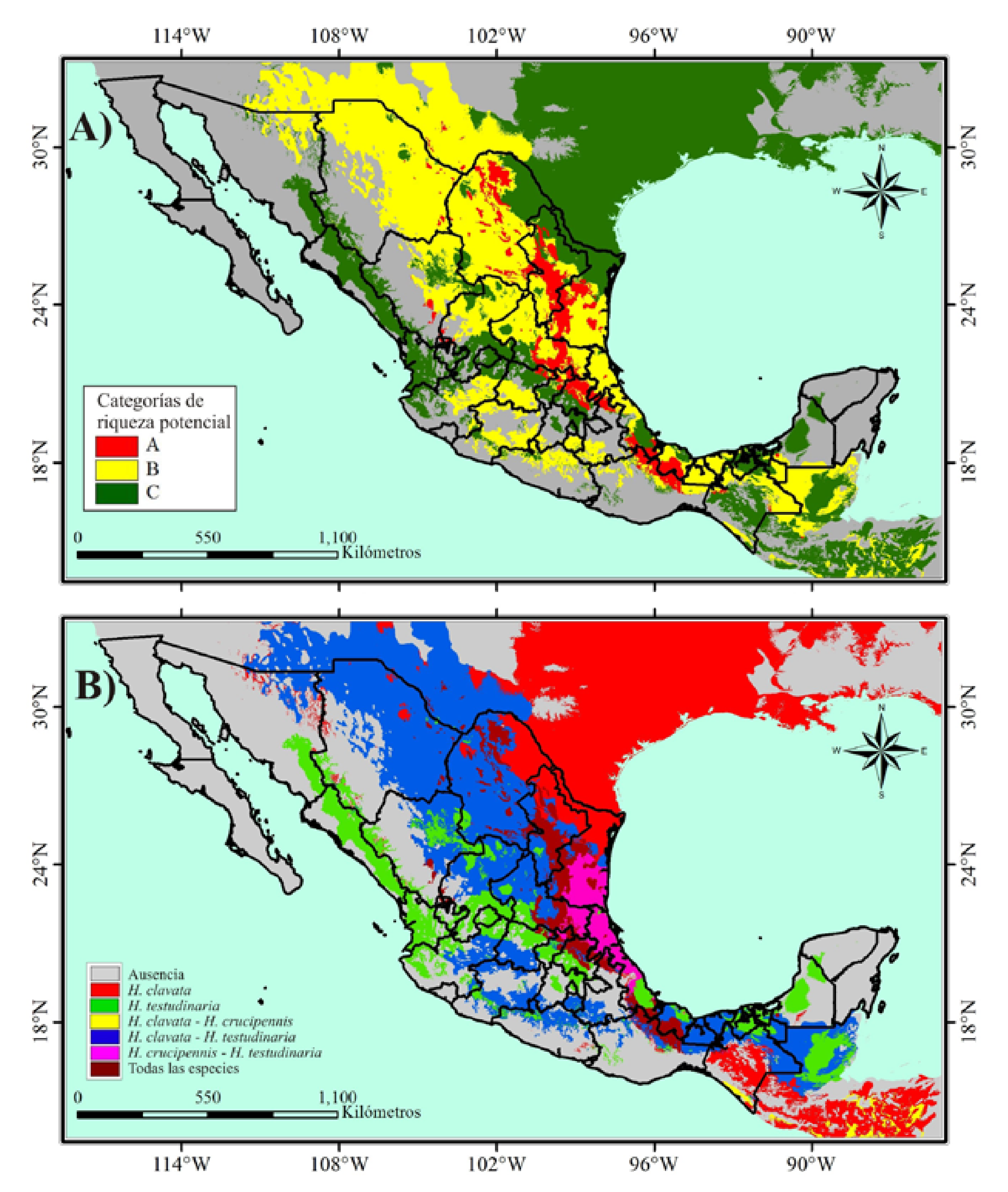



Figura 2. Riqueza potencial de las especies estudiadas de *Helocassis* en México. A) Categorías de riqueza. B) Detalle de la distribución ocupada por cada subcategoría. La distribución exclusiva de *H. crucipennis* no fue registrada en el estudio.

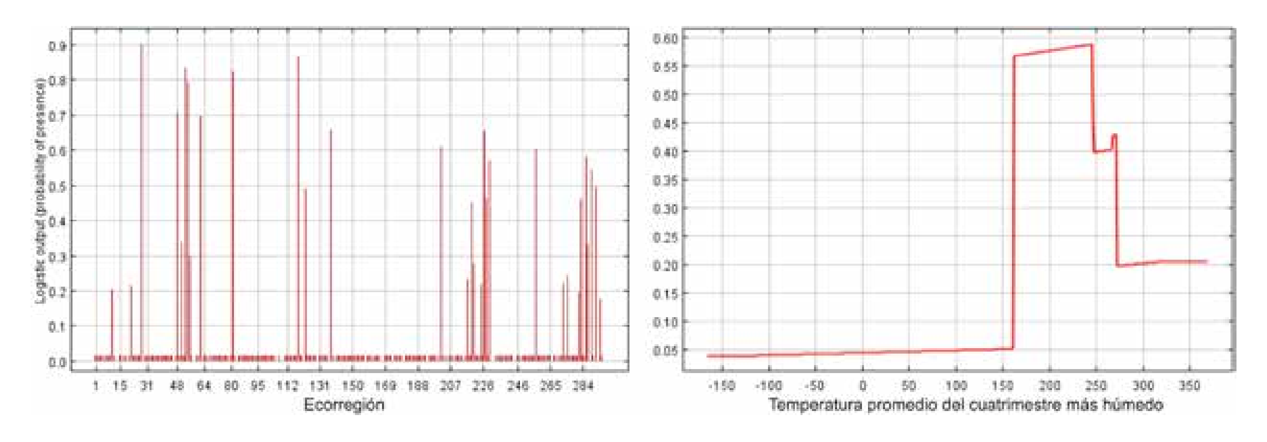



Figura 3. Variables más importantes para la distribución de *Helocassis clavata*. Umbral para la presencia de la especie: 0.064.

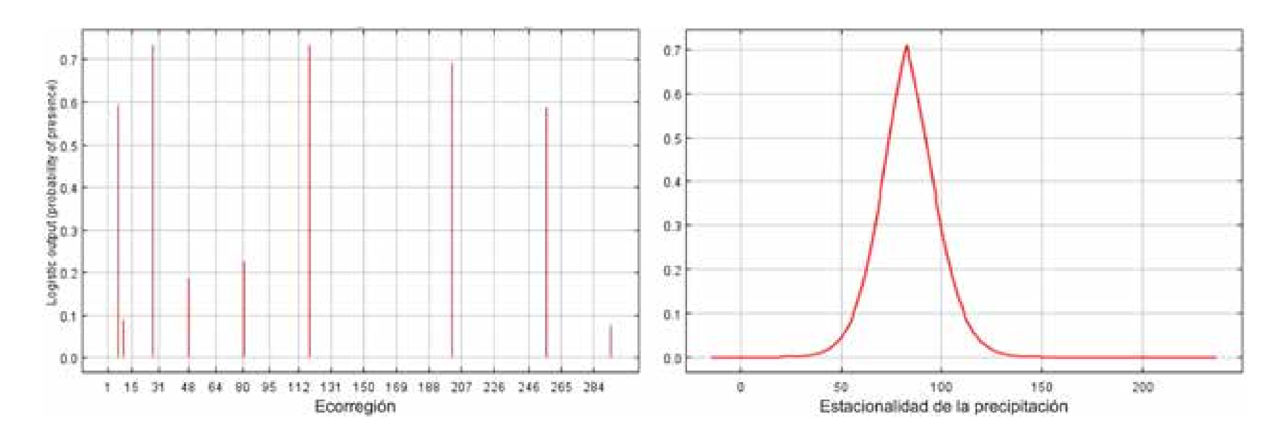



Figura 4. Variables más importantes para la distribución de *Helocassis crucipennis*. Umbral para la presencia de la especie: 0.129.

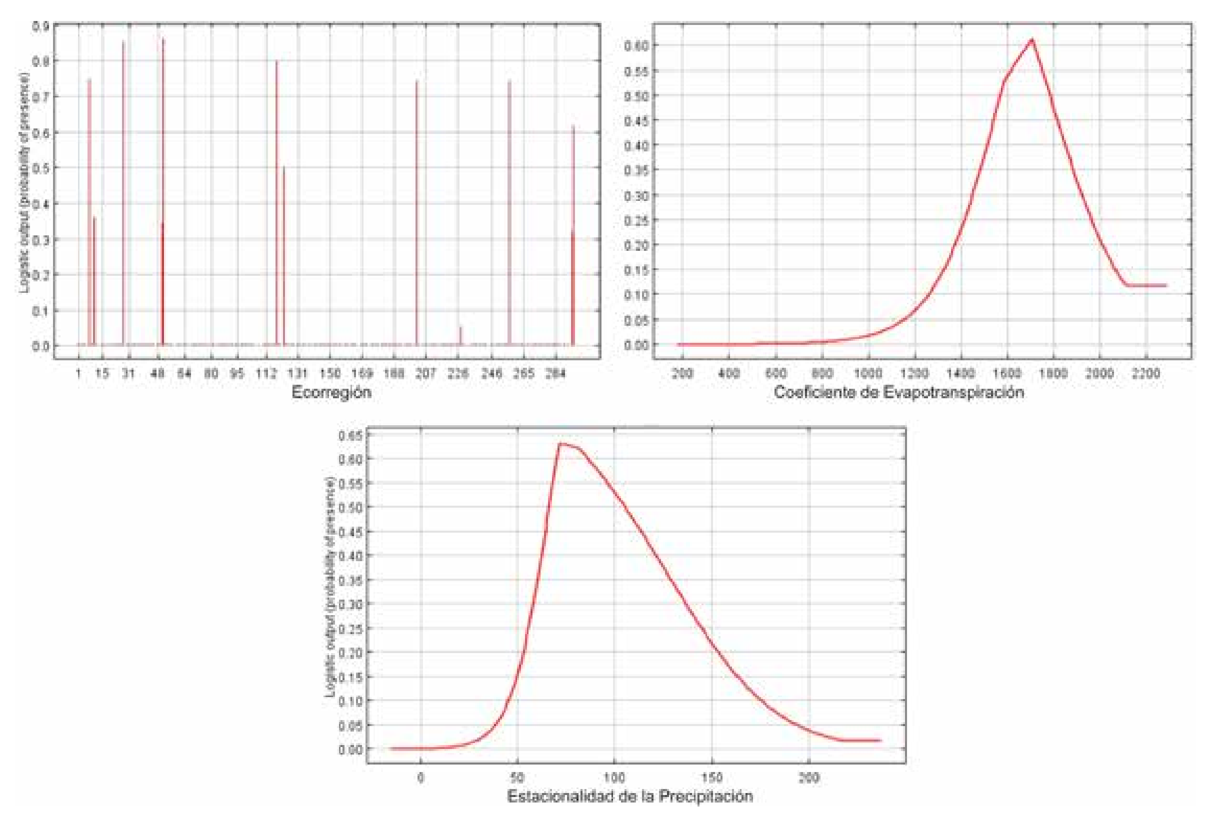
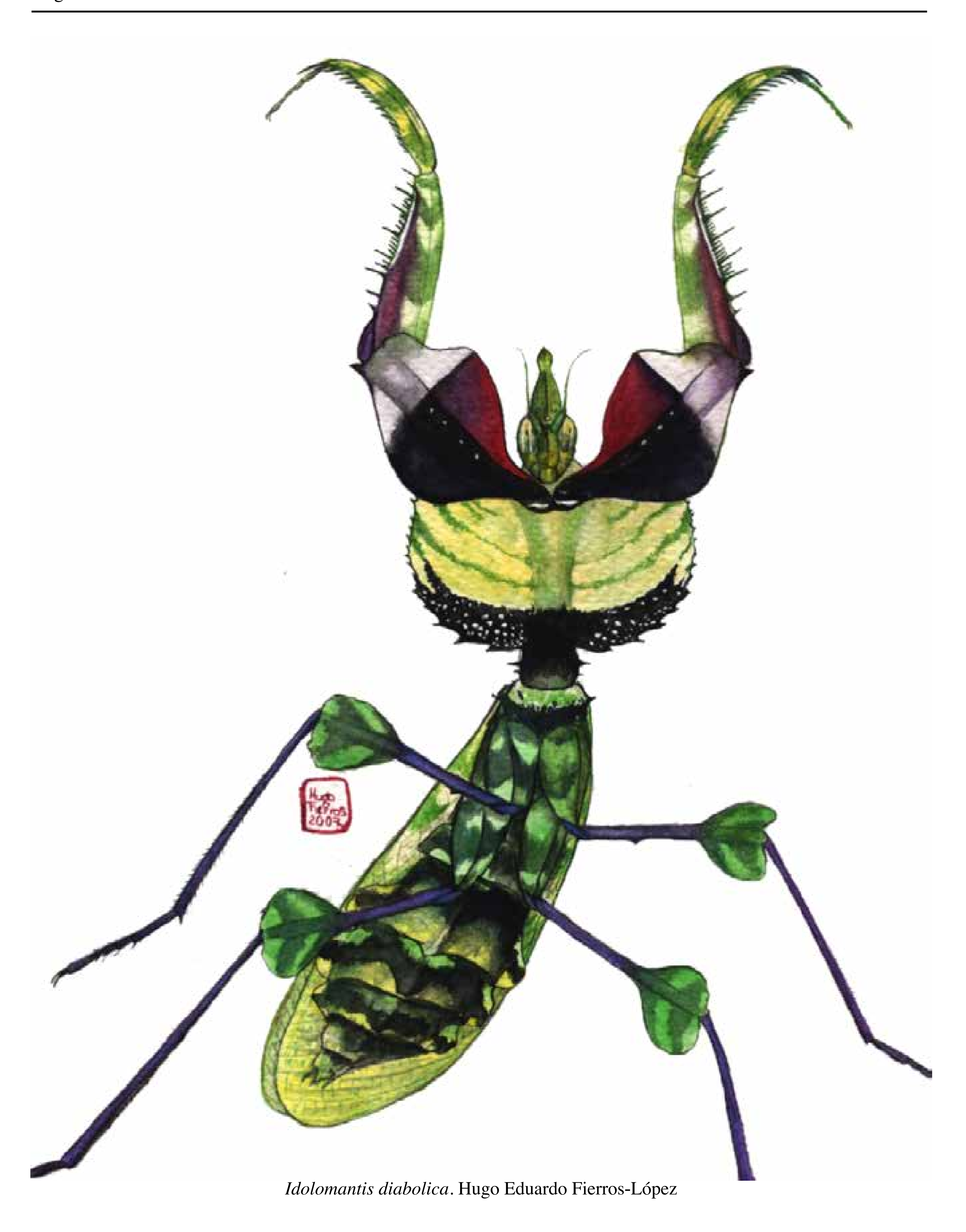



Figura 5. Variables más importantes para la distribución de *Helocassis testudinaria*. Umbral para la presencia de la especie: 0.024.



*Idolomantis diabolica*. Hugo Eduardo Fierros-López